

A SALINEXP Szakértői Rendszer

¹ FEHÉR JÁNOS, ² RAJKAI KÁLMÁN és ² MOLNÁR ENDRE

¹ VITUKI Consult Rt., Budapest és ² MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A szakértői rendszert az éghajlatváltozás szikes területek talajtani folyamataira és termékenységére gyakorolt hatásának elemzése céljából dolgoztuk ki egy Európai Közöségi program keretében (EV5V-CT92-0129). Az elkészült program a nagy hagyománnyal és nemzetközi elismerés mellett végzett hazai szikkutatás eredményeinek korszerű, széles körű felhasználását teszi lehetővé. A szakértői rendszer tudásbázisának kialakítását Várallyay György, Filep György, Rédly Lászlóné, Molnár Endre és Blaskó Lajos végezte. A szakértői rendszer ötletgazdája Rajkai Kálmán, aki programvezetőként a szakmai összefogást végezte, míg a talajtani ismeretanyag rendszerbe szervezése és a rendszerprogram elkészítése Fehér János érdeme (FEHÉR & RAJKAI, 1996).

A nem formalizált (verbális) és a formalizált (determinisztikus) szakmai ismeretek, tudás szakértői rendszerekbe történő beépítését, összekapcsolását és széles körű felhasználhatóságát a 80-as évek információelméleti kutatási eredményei alapozták meg (BARR et al., 1990; DENNING, 1986; SHAPIRO, 1989).

Szakértői rendszerünk a léghőmérséklet, a potenciális párolgás és a csapadékmennyiség, valamint a talajvízszint változásának a szikes talajokra gyakorolt várható hatását mutatja be a talajtulajdonságok változási irányának és a talaj adott növényre vonatkozó termőképességének változásával együtt.

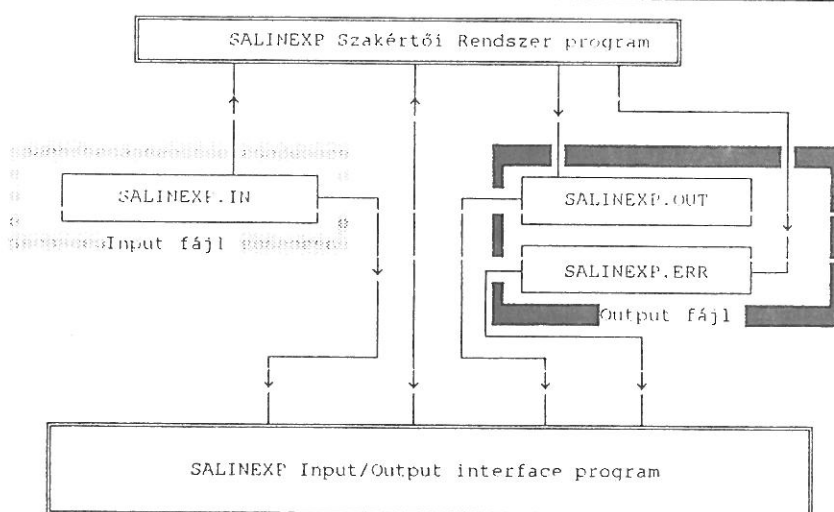
A szakértői rendszert a Közép-Tiszavidék öt, a mezőgazdasági termelésben hasznosított szikes talajára alkalmaztuk.

A SALINEXP program felépítését az 1. ábrán mutatjuk be.

A program futása a Főmenüvel indul. A program a SALINEXP.IN fájl adatait olvassa be és az eredményeket a SALINEXP.OUT fájlban írja ki. Amennyiben a SALINEXP.IN fájl nem áll rendelkezésre, a program egy üres fájl létrehozásával teszi lehetővé annak feltöltést követő használatát. Természetesen, ha a felhasználó üres input fájlt próbál használni a futtatáshoz, a program figyelmeztető jelzést ad és kéri az input fájl feltöltését.

A Főmenüből négy menüpont választható. Az első lehetőség egy előre megírt input fájl kiválasztásával történő futtatás, vagy az üres input fájl kézi feltöl-

* A Magyar Talajtani Társaság és a Magyarhoni Földtani Társulat Mémőkeológiai Szakosztálya által szervezett „A szikesedés aktuális problémái” című előadói ülésen (MAFI, Budapest, 1997. december 8.) elhangzott előadás anyaga



1. ábra
A SALINEXP program szerkezete

tése. A második lehetőség „A szakértői rendszer futtatása” és az input fájlba írt információk alapján történő következtetés kijelzése. A harmadik esetben a felhasználó végignézheti az input és az output fájlok tartalmát, de azt nem szerkesztheti. A negyedik egy kiegészítő lehetőség, amely annak érdekében került beépítésre, hogy a felhasználó a talajtípus meghatározásához kért paraméterek értékét ellenőrizze (1. táblázat). A táblázat az öt talajféleség (típus és altípus) talajjellemzőinek alsó és felső értékét adja meg.

A szakértői rendszer felhasználásakor a „Válassz egy adatbeviteli módszert” út két lehetőséget enged meg. Az egyik a „Kézi adatszerkesztés”, a másik az „Olvasd be a SALINEXP.IN fájlt”, amikor is a program az előzetesen megírt input fájlt olvassa be.

A „Kézi adatszerkesztés”-nek két útja lehetséges. Az egyik esetben, amely a nem szakember felhasználók számára ajánlott, egy-egy paraméterérték, vagy programsor tartalmának a módosítását engedi meg. Gyakorlott felhasználó számára „A SALINEXP.IN fájl szerkesztése” javasolt. A módosított input fájl megőrizhető.

Amint az input fájl elkészült, a felhasználó visszatér a Főmenühöz és ismételt ellenőrizheti az input fájl tartalmát, vagy közvetlenül futtathatja a „tudás bázist”.

Az ellenőrzéskor nincs lehetőség szerkesztésre csupán a paraméterértékek pörgethetők végig. A változtatáshoz vissza kell térni vagy a „Válassz egy input módszert”, vagy a „SALINEXP.IN fájl szerkesztése” menü lehetőségen belül az „Interaktív adat szerkesztés” menühöz.

I. táblázat
A szakértői rendszerbe vont közép-tiszavideki szikes talajok (I.-V.) jellemzőinek alsó és felső értéke

(1) Paraméterek	I.	II.	III.	IV.	V.
A. TALAJJELLEMZŐK					
A.1. Talajtípus	régi szolonyec közepes	régi szolonyec mély	régi talaj sztyeppesedő	régi talaj szolonyeces	régi esernyőzom mélyben sós
A.2. Aljtípus	10-30	15-40	30-60	30-40	80-120
A.3. Kicserélhető Na _{max} (cm)	20-40	20-40	20-40	25-40	20-30
A.4. Kationcsere kapacitás (me/100 g)	agyagos vályog	agyagos vályog	agyagos vályog	vályog	vályog
A.5. Fizikai féleség	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-3,0	agyagos vályog	2,5-5,0
A.6. Humusztartalom (%)	1,4-1,6	1,4-1,6	1,4-1,6	2-4	1,3-1,45
A.7. Térfogatömeg (g/cm ³)	< 0,01	< 1,1	< 1,0	< 1,0	1-10
A.8. Vízvezető képesség (cm/nap)	25-70	25-65	25-40	5-15	1-5
A.9. A B-szint max. kicserélhető Na (%)	0,2-0,7	0,2-0,7	0,1-0,4	0,05-0,02	0,05-0,2
A.10. Sótartalom (%)	25-50	50-70	70-140	50-100	100-150
A.11. A max. sótartalom mélysége (cm)	> 8,5	7,5-9,0	7,5-9,0	7,5-8,5	7,0-8,0
A.12. A B-szint pH-ja (-)	számított	számított	számított	számított	számított
A.13. Kritikus talajvízmélység (cm)	55-65	50-60	50-60	50-55	45-50
A.14. Összporozitás (%)	40-45	35-40	25-40	40-45	35-40
A.15. Szabadföldi vízkapacitás (%)	30-35	25-30	25-30	30-35	20-25
A.16. Hervadáspon (°C)					
B. TALAJVÍZ JELLEMZŐK					
B.1. Átlagos talajvízmélység (cm)	100-200	150-250	200-300	300-400	300-500
B.2. Talajvízszint éves ingadozása (cm)	80-120	80-120	100-120	100-120	60-80
B.3. A talajvíz sótartalma (mS/cm)	3-8	3-8	2-7	1-5	1-5
B.4. A talajvíz Na %-a (%)	0,5-4,0	0,5-4,0	1,5-2,5	0,5-2,0	0,5-2,0
B.5. A talajvíz SAR értéke (me/l ^{1/2})	> 8,5	8,0-8,5	7,5-8,5	7,0-8,0	7,0-8,0
B.6. A talajvíz pH értéke (-)					

A felhasználó kell, hogy gondoskodjék az eredmény fájl tartalmának a megőrzéséről, kinyomtatásáról, hiszen a következő futtatás fölülírja az eredmény fájlt.

Amikor a program futása befejeződik egy SALINEXP.ERR fájl is íródik, amely a következő információkat tartalmazza:

Az első sorban: 0 vagy 1, ahol 0 jelenti a normál lefutást, az 1 jelzi a hibát.

A második sorban: a hiba típusának a magyarázata szerepel.

A SALINEXP program Microsoft Fortran 5.1 verzióban íródott. A program DOS 6.0 (vagy újabb verziójú) operációs rendszer alatt futtatható.

A SALINEXP szakértői rendszer program a következő fájlok meglétét kívánja a megfelelő könyvtárban:

SALINEXP.EXE	A futtatható program
SALINEXP.IN	Az input fájl
SALINEXP.OUT	Az output fájl
SALINEXP.ERR	Az üzenet/hiba fájl
PARAM.TXT	Az alkalmazott talajparaméterek megengedett határértékei
TMSRB.FON	A Microsoft Fortran által használt font fájl
BROWSE.COM	A SALINEXP program által használt fájlok listája
EDIT.COM	Az MS DOS 6.0 operációs rendszer szövegszerkesztője
EDIT.HLP	Az EDIT.COM program segítség fájlja
QBASIC.EXE	Keret program a szövegszerkesztő használatához (az MS DOS 6.0 program része)
QBASIC.HLP	A QBASIC program segítség fájlja.

A modellfejlesztő feltételezi, hogy a felhasználó rendelkezik MS DOS 6.0, vagy újabb verziójú operációs rendszerrel, amelynek részei az EDIT.COM, az EDIT.HLP, a QBASIC.EXE és a QBASIC.HLP fájlok.

Körülbelül 0,8 Mbyte terület szükséges a merev lemezen a rendszer feltöltéséhez. Minimálisan 550 kbyte szabad memória szükséges a rendszer futtatásakor, amely mindössze 290 kbyte-ra csökken, ha nincs szükség a szövegszerkesztő betöltésére.

Az Input fájl

Az Input fájl aktuális felépítése az 2. táblázatban szerepel.

A *talajjellemzők* (A) csoportjába 16 tulajdonság tartozik. Nem feltétlenül szükséges minden talajjellemző megadása. A szakértői rendszer részlegesen kitöltött input táblázattal is működhet, azonban hibajelzést ad ha olyan lényeges talajtulajdonság hiányzik, mint amilyen pl. a talaj típusa, vagy az annak azonosításához szükséges jellemzők értéke.

2. táblázat

A SALINEXP.IN input fájl szerkezete
(a táblázat adatai bemutató jellegűek)

- a) Fő cím (maximum 60 karakter)
 b) Hely neve (maximum 37 karakter)
 c) Tábla neve (maximum 37 karakter)

A. TALAJJELLEMZŐK

A.1. Talajtípus	= Réti szolonyec
A.2. Altípus	= Mély
A.3. Kicserélhető Na_{max} (cm)	= 40,00
A.4. Kationcsere kapacitás (me/100 g)	= 30,00
A.5. Fizikai féleség	= agyagos vályog
A.6. Humusztartalom (%)	= 2,50
A.7. Térfogattömeg (g/cm^3)	= 1,40
A.8. Vízvezető képesség (cm/nap)	= 0,20
A.9. A B-szint max. kicserélhető Na (%)	= 30,00
A.10. Sótartalom (%)	= 0,23
A.11. A max. sótartalom mélysége (cm)	= 60
A.12. A B-szint pH-ja (–)	= 8,50
A.13. Kritikus talajvízmélység (cm)	= 350,00
A.14. Összporozitás (%)	= 45,00
A.15. Szabadföldi vízkapacitás (%)	= 40,00
A.16. Hervadáspon (t)	= 35,10

B. TALAJVÍZ JELLEMZŐK

B.1. Átlagos talajvízmélység (cm)	= 140,00
B.2. Talajvízszint éves ingadozása (cm)	= 100,00
B.3. A talajvíz sótartalma (mS/cm)	= 4,00
B.4. A talajvíz Na %-a (%)	= 65,00
B.5. A talajvíz SAR értéke ($\text{me}/\text{l}^{1/2}$)	= 5,29
B.6. A talajvíz pH értéke (–)	= 7,80

C. ÉGHAJLATI JELLEMZŐK

C.1. Átlagos évi középhőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$)	= 10,50
C.2. Átlagos pot. ET (mm/év)	= 790,00
C.3. Átlagos csapadék (mm/év)	= 580,00

D. NÖVÉNYI JELLEMZŐK

D.1. Termesztett növény	= Kukorica
D.2. Várható termés (t/ha)	= 6,00

E. ÖNTÖZÉS

E.1. Átlagos évi öntözővíz (mm/év)	= 120,00
------------------------------------	----------

F. ÉGHAJLATI VÁLTOZÁS JELLEMZŐK

F.1. Átlagos évi léghőm. változása ($^{\circ}\text{C}$)	= 2,00
F.2. Átlagos évi pot. ET változás (%)	= 10,00
F.3. Átlagos évi csapadék változás (%)	= 0,00

G. TALAJVÍZ VÁLTOZÁS

G.1. Átlagos talajvízszint változás (cm)	= -40,00
--	----------

A talajvíz (B) paramétercsoportban 6 jellemző található. A leglényegesebb ezek közül a talajvíz átlagos mélysége, amely egyben a talajtípus egyik jellemzője.

A három éghajlati jellemző (C) kezdeti értéke szintén informatív a változások azonosítása szempontjából.

A termesztett növény (D) és az öntözővíz (E) jellemzők akkor fontosak, ha a felhasználó a növénytermesztési potenciálra is becslést kíván kapni.

Az éghajlati változás jellemzőinek megadását nem lehet kihagyni. Amennyiben megadásuk elmarad a program nem fut le, és hibaüzenet keletkezik.

Fontos arra is ügyelni, hogy a paraméterek értékei a megadott mértékegységben szerepeljenek. Ellenkező esetben a program futása téves eredményeket szolgáltat.

Eredmény fájl

Az Eredmény fájl tartalma három részre osztható. A 3. táblázat egy szemléletes példát mutat be az Eredmény fájlra.

3. táblázat

A SALINEXP.OUT eredmény fájl szerkezete (az adatok bemutató jellegűek)

A SALINEXP Szakértői Rendszer a Közép-Tiszavidék
éghajlatváltozás okozta szikesedési folyamatainak
és azok növénytermesztési következményeinek előrejelzésére

I. HELY ADATOK

- | | |
|---------------|------------------------------------|
| b) Helység | = Hely neve (maximum 37 karakter) |
| c) Tábla neve | = Tábla neve (maximum 37 karakter) |

C. ÉGHAJLATI JELLEMZŐK

- | | |
|--------------------------------------|----------|
| C.1. Átlagos évi léghőmérséklet (°C) | = 10,50 |
| C.2. Átlagos pot. ET (mm) | = 790,00 |
| C.3. Átlagos évi csapadék (mm) | = 580,00 |

F. ÉGHAJLATI VÁLTOZÁSOK

- | | |
|--|---------|
| F.1. Átlagos évi léghőm. változás (°C) | = 2,00 |
| F.2. Átlagos évi pot. ET változás (%) | = 10,00 |
| F.3. Átlagos évi csapadék változás (%) | = 10,00 |

G. TALAJVÍZ VÁLTOZÁS

- | | |
|--|----------|
| G.1. Átlagos talajvízszint változás (cm) | = -40,00 |
|--|----------|

II. A SALINEXP ELŐREJELZÉSI EREDMÉNYE

	(1) Kezdeti érték	(2) Válto- zások iránya
A. TALAJJELLEMZŐK		
A.1. Talajtípus	= Réti szolonyec	
A.2. Altípus	= Mély	
A.3. Kicserélhető Na_{\max} (cm)	= 40,00	Csökken
A.4. Kationcsere kapacitás (me/100 g)	= 30,00	
A.5. Fizikai féleség	= agyagos vályog	
A.6. Humusztartalom (%)	= 2,50	Csökken
A.7. Térfogattömeg (g/cm^3)	= 1,40	Nő
A.8. Vízvezető képesség (cm/nap)	= 0,20	Csökken
A.9. A B-szint max. kicserélhető Na (%)	= 30,00	Nő
A.10. Sótartalom (%)	= 0,23	Nő
A.11. A max. sótartalom mélysége (cm)	= 60,00	Csökken
A.12. A B-szint pH-ja (–)	= 8,50	Nő
A.13. Kritikus talajvízmélység (cm)	= 350,00	
A.14. Összporozitás (%)	= 45,00	Nő
A.15. Szabadföldi vízkapacitás (%)	= 40,00	Nő
A.16. Hervadáspont (%)	= 35,10	Nő
B. TALAJVÍZ PARAMÉTEREK		
B.1. Átlagos talajvízmélység (cm)	= 140,00	Nő
B.2. Talajvízszint éves ingadozása (cm)	= 100,00	
B.3. A talajvíz sótartalma (mS/cm)	= 4,00	
B.4. A talajvíz Na %-a (%)	= 65,00	
B.5. A talajvíz SAR értéke ($\text{me}/\text{l}^{1/2}$)	= 5,29	
B.6. A talajvíz pH értéke (–)	= 7,80	
D. NÖVÉNYI JELLEMZŐK		
D.1. Termesztett növény	= Kukorica	
D.2. Várható termés (t/ha)	= 6,00	Csökken
E. ÖNTÖZÉS		
E.1. Évi átlagos öntözővíz (mm/év)	= 120,00	
<i>Jelmagyarázat: Üres = Nincs változás</i>		

III. Az Objektív változók összegzése

a) Változás a B-szint kicserélhető Na % maximumában	= NŐ
b) Változás a kicserélhető Na_{\max} mélységében	= CSÖKKEN
c) Változás az összes-sótartalomban	= NŐ
d) Változás az összes-sótartalom mélységében	= CSÖKKEN
e) Változás a termésmennyiségben	= CSÖKKEN

IV. AZ EREDMÉNYEK SZÓBELI ÉRTÉKELÉSE

a) Éghajlatváltozás:

Az átlagos léghőmérséklet és a potenciális ET növekedni fog. A csapadék nem változik. A talajvízszint emelkedni fog.

b) A változások várható iránya:

A szikesség mértéke jelentősen növekszik.

A növénytermesztési potenciál csökken.

A szóbeli értékelés röviden összegzi az éghajlati változás típusát és az azzal kapcsolatos szikessedési folyamatokat, valamint a termesztési potenciál változását.

Tekintettel a Szakértői Rendszer konkrét feladatára történt kidolgozására, általános felhasználása továbbfejlesztést igényel. A jelenlegi formában azt kívánjuk bemutatni hogyan működik, hogyan és mire használható – példánkban az éghajlati változások talajtani következményeinek előrejelzésére – egy számítógépes szakértői rendszer.

Irodalom

- BARR, A., COHEN, P. R. & FELGENBAUM, E. A. (Eds.), 1990. The Handbook of Artificial Intelligence. Vol. I-IV. Addison-Wesley Press. Reading, Massachusetts.
- DENNING, P. J., 1986. The science of computing: Expert Systems. American Scientist. **74**. 18–20.
- FEHÉR, J. & RAJKAI, K., 1996. An expert system to predict climate change induced salinization processes in salt-affected soils. Intern. Agrophysics. **10**. 209–223.
- SHAPIRO, S. C. (Ed.), 1989. Encyclopedia of Artificial Intelligence. Vol. 1. Wiley. New York.

Érkezett: 1998. december 11.

The SALINEXP Expert System

¹ J. FEHÉR, ² K. RAJKAI and ² E. MOLNÁR

¹ VITUKI Consult Rt., Budapest and ² Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The development of computer techniques and information theory makes it possible to create artificial intelligence systems called expert systems. Artificial intelligence systems have been formulated since the last decade. One of the main advantages of expert systems is that they formulate the study of scientific problems which are still in the „verbal” phase of knowledge.

An expert system named SALINEXP has been developed to show future trends in the salinity/alkalinity status and agricultural productivity of the Middle Tisza agricultural region of Hungary due to different climate change scenarios. In the SALINEXP expert system the five most frequent soil types of the region are involved with the expected changes in the different climate change situations. The knowledge base was programmed using the knowledge of a Hungarian expert group. The expected climate change scenarios show that the agricultural productivity potential of the drought-sensitive Middle Tisza region is expected to decline further. Changes in the salinity/alkalinity status of soils in the area are expected if the groundwater level changes. If the groundwater level sinks, desalinization is expected with a very long time-lag. The cause of the time-lag is the low salt leaching potential of the warmer, drier climate. SALINEXP is the first Hungarian example of an expert system in the field of soil science.

Table 1. Characteristic range of dominant parameters of Middle Tisza Region soils (I-V) subject to salinization. (1) Parameters. A. SOIL PARAMETERS. A.1. Soil type, verbal: I-III: meadow solonetz; IV: meadow soil; V: meadow chernozem soil. A.2. Soil subtype, verbal: I. medium; II. deep; III. steppe; IV. solonetz-like; V. deep salt. A.3. Depth of max. exchangeable Na% in the B horizon (cm). A.4. Cation exchange capacity (meq/100 g). A.5. Texture, verbal: I-III: clay loam; IV: loamy clay; V: loam. A.6. Organic matter content (%). A.7. Bulk density (g/cm³). A.8. Hydraulic conductivity (cm/day). A.9. Max. exchangeable Na% in the B horizon (%). A.10. Total salt content (%). A.11. Depth of max. salt content (cm). A.12. pH in the B horizon. A.13. Critical groundwater depth (cm): I-V: calculated. A.14. Total porosity (vol.%). A.15. Field capacity water content (vol.%). A.16. Wilting point water content (vol.%). B. GROUNDWATER PARAMETERS. B.1. Average groundwater depth (cm). B.2. Annual groundwater fluctuation (cm). B.3. Total salt content of the groundwater (mS/cm). B.4. Na% of the groundwater. B.5. SAR of the groundwater (meq/l^{1/2}). B.6. pH of the groundwater.

Table 2. Structure of the SALINEXP.IN file (data presented in the table are demonstrative). a) Main title (max. 60 characters). b) Name of place (max. 37 characters). c) Name of field site (max. 37 characters). A-B: See Table 1. C. CLIMATE CHARACTERISTICS. C.1. Average annual mean temperature (°C). C.2. Average

potential evapotranspiration (ET) (mm/year). C.3. Average precipitation (mm/year). D. PLANT CHARACTERISTICS. D.1. Plant grown. D.2. Expected yield (t/ha). E. IRRIGATION. E.1. Average annual irrigation water (mm/year). F. CLIMATE CHANGES. F.1. Changes in average annual air temperature (°C). F.2. Change in average annual potential ET (%). F.3. Change in average annual precipitation (%). G. GROUNDWATER CHANGES. G.1. Change in average groundwater depth (cm).

Table 3. Structure of the SALINEXP.OUT output file (data presented are demonstrative). a)–c) and A–G: See Table 2. II. SALINEXP prediction. (1) Initial value. (2) Direction of change: csökken = decrease; nő = increase. Remark: blank space = no change. III. Summary: a) Change in max. exchangeable Na% in the B horizon; b) Change in depth of max. Na; c) Change in total salt content; d) Change in depth of total salt content; e) Change in yield. IV. Verbal evaluation of results. a) Climate change: It is expected that the average air temperature and potential ET will increase, no changes will occur in precipitation and the groundwater table will rise. b) Expected direction of changes: A significant increase is expected in the salinity/alkalinity status. The cropping potential will decrease.

Fig. 1. Structure of the SALINEXP Programme.